

762 96 P 1005 DE



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 196 00 399 C 1

⑤ Int. Cl. 8:  
**H 01 L 21/308**  
H 01 L 21/311  
H 01 L 49/00

- ⑪ Aktenzeichen: 196 00 399.7-33  
⑫ Anmeldetag: 8. 1. 96  
⑬ Offenlegungstag: —  
⑭ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 21. 8. 97

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

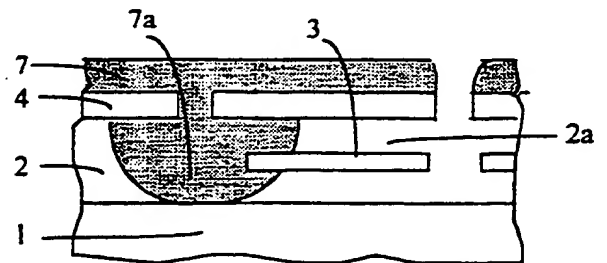
⑦ Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑧ Erfinder:  
Werner, Wolfgang, Dr., 81545 München, DE

⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
US 53 14 572  
MASTRANGELO, C.H. and SALOKA, G.S.: A Dry -  
Release Method Based on Polymer Columns for  
Microstructure Fabrication. In: Micro Electro  
Mechanical Systems, IEEE 1993, Conf. Fort  
Lauderdale, 7.-10.2.1993, pp. 77-81;  
LEGTENBERG, R. et.al.: Electrostatically driven  
vacuum-encapsulated polysilicon resonators. In:  
Sensors and Actuators, A 45 (1994), pp. 57-66;

⑤ Herstellverfahren für ein mikromechanisches Bauteil mit einer beweglichen Struktur

⑦ Zur Vermeidung von Sticking-Effekten vor dem Freilegen  
der beweglichen mikromechanischen Struktur wird diese  
über eine Hilfsstruktur mit einer geeigneten Halterung,  
bspw. dem Substrat verbunden und diese Hilfsstruktur erst  
nach dem Freilegen entfernt. Das Verfahren ist kompatibel  
mit IC-Fertigungsprozessen für integrierte Schaltungen.



DE 196 00 399 C 1

DE 196 00 399 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Herstellverfahren für ein mikromechanisches Bauteil mit einer beweglichen mikromechanischen Struktur.

Mikromechanisches Bauteile mit einer beweglichen Struktur besitzen ein weites Anwendungsgebiet, beispielsweise als Motoren oder Kraftsensoren (Beschleunigungs- oder Neigungssensoren). Dabei besteht ein großes Interesse an Herstellverfahren, die mit der Fertigung von integrierten Schaltungen, insbesondere auf einem Silizium-Substrat kompatibel sind. Nur eine Kompatibilität der Herstellungsprozesse erlaubt die Integration von Mikromechanik und Ansteuer- und Auswerteschaltungen in Mikrosystemen. Dies ist auch dann wichtig, wenn bestehende Halbleiterfertigungsanlagen auch zur Herstellung von mikromechanischen Strukturen genutzt werden sollen.

Bei den üblichen Herstellverfahren wird die bewegliche Struktur durch eine isotrope, meist naßchemische, Entfernung einer sie umgebenden Schicht freigelegt. Dabei besteht das Problem, daß ein Verkleben der beweglichen Teile mit ihrer Unterlage (sogenanntes Sticking) auftritt. Dieser Effekt wird verursacht durch Adhäsionskräfte, die bei Strukturen mit geringen Abständen, typischerweise  $< 1 \mu\text{m}$ , sehr groß sind.

Eine bekannte Lösung dieses Problems sieht vor, nach dem Freilätzen der beweglichen Teile das Ätzmittel oder ein nachfolgend verwendetes Spülmittel (z. B. Wasser) durch eine sublimierende Chemikalie zu ersetzen. Das Bauteil wird dann abgekühlt, so daß die bewegliche Struktur von einer dünnen Schicht dieser Chemikalie umgeben ist, welche anschließend sublimiert. Geeignete Chemikalien sind z. B. Cyklohexan oder Dichlorbenzol. Ein derartiges Verfahren ist in einem Artikel von Legtenberg et al. *Sensors and Actuators A* 45 (1994) pp 57–66, beschrieben. Die bewegliche Struktur ist in eine Siliziumdioxidschicht eingebettet. Das Sticking-Problem wird durch Frieren und Sublimieren einer geeigneten Flüssigkeit gelöst. Da die benötigten Chemikalien nicht in der notwendigen Reinheit zur Verfügung stehen, ist dieses Verfahren nicht kompatibel mit der Fertigung von integrierten Schaltkreisen. Insbesondere ist es nicht für die Herstellung von Mikrosystemen einsetzbar.

In dem US-Patent 5 314 572 wird eine bewegliche Struktur auf einer Zwischenschicht naßchemisch freigeätzt, nachdem zwischen ihren Seitenrändern und dem Substrat, das unter der Zwischenschicht angeordnet ist, Photolackstützen erzeugt worden sind. Die Stützen werden dann in einem Trockenätzprozeß entfernt. Das Verfahren ist aufwendig, insbesondere ist eine zusätzliche Fotolackschicht für die Freilätzung der beweglichen Struktur notwendig.

Ein weiteres ähnliches Verfahren ist aus dem Artikel von Mastrangelo et al. *Micro Electro Mechanical Systems*, IEEE 1993 pp. 77–81, bekannt. Dabei werden vor der naßchemischen Freilätzung einer Lochplatte in einigen Löchern Stützen aus Parylen erzeugt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein vereinfachtes Herstellverfahren für ein mikromechanisches Bauteil mit einer beweglichen Struktur anzugeben, bei dem der Sticking-Effekt vermieden wird.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Die Erfindung beruht einerseits auf dem Einsatz einer Hilfsstruktur, mit welcher die bewegliche Struktur vor ihrem Freilätzen an einer als Halterung dienenden

Schicht befestigt wird. Die bewegliche Struktur wird dann freigelegt, indem eine sie umgebende Zwischenschicht isotrop naßchemisch entfernt wird. Dabei bleibt die bewegliche Struktur aber über die Hilfsstruktur mit der Halterung verbunden. Die beim Trocknen auftretenden Adhäsionskräfte können daher nicht zu einem Verkleben der beweglichen Struktur mit beispielsweise dem Untergrund führen. Erst danach wird die Hilfsstruktur in einem Trockenätzprozeß entfernt, so daß die bewegliche Struktur vollständig beweglich wird.

Als Halterung kann beispielsweise das Substrat selber oder eine feste Struktur des mikromechanischen Bauteils dienen. Sie kann unter- oder oberhalb der beweglichen Struktur oder auf gleicher Höhe mit ihr liegen. Beim Entfernen der Zwischenschicht muß sie mit dem Substrat und über die Hilfsstruktur mit der beweglichen Struktur verbunden bleiben.

Die Hilfsstruktur besteht aus einem Material, welches beim Entfernen der Zwischenschicht nicht angegriffen wird und welches am Ende des Verfahrens einfach entfernt werden kann. Geeignet ist hierfür beispielsweise Fotolack.

Um die Hilfsstruktur wie gefordert herzustellen, wird eine Öffnung in der Zwischenschicht derart erzeugt, daß die Oberflächen der beweglichen Struktur und der Halterung teilweise freiliegen. Dann wird eine fotoempfindliche Schicht (Fotolack) aufgebracht, wodurch in der Öffnung die Hilfsstruktur erzeugt wird, so daß sie die bewegliche Struktur und die Halterung verbindet. Aus der fotoempfindlichen Schicht wird andererseits mit Hilfe einer Belichtung und Entwicklung außerdem eine Maske hergestellt, deren Maskenöffnungen das Freiliegen der beweglichen Struktur ermöglichen. Durch die Maskenöffnungen hindurch wird also die Zwischenschicht geätzt.

Bei dem Verfahren werden ausschließlich Prozesse eingesetzt, die auch bei der Herstellung von integrierten Schaltungen benutzt werden, so daß die geforderte Kompatibilität vorliegt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Fig. 1 bis 4 zeigen einen Querschnitt durch ein Halbleitersubstrat mit einem mikromechanischen Bauteil, an dem die Verfahrensschritte verdeutlicht werden.

Fig. 1 Ausgangspunkt für das Herstellverfahren ist ein Silizium-Substrat 1, auf welches eine Zwischenschicht 2 und eine bewegliche Struktur 3 aufgebracht sind. Die Zwischenschicht 2 besteht beispielsweise aus Siliziumdioxid und kann auch aus gleichen oder verschiedenen Teilschichten bestehen. Sie umgibt die später freizulegende bewegliche Struktur 3, die beispielsweise aus Polysilizium oder einem Metall besteht, vollständig. Die Anordnung weist auch eine obere Schicht 4 auf, aus der eine feste Struktur des mikromechanischen Bauteils gebildet wird und die aus demselben Material wie die bewegliche Struktur bestehen kann.

Fig. 2 Es wird eine Fotomaske 5 aufgebracht, und mit dieser werden die obere Schicht 4 und die Zwischenschicht 2 geätzt. In diesem Beispiel erfolgt die erste Ätzung anisotrop und die zweite isotrop. Es können aber auch andere Ätzprozesse eingesetzt werden. Die Öffnung 6 in der Zwischenschicht muß so dimensioniert sein, daß ein Teil der beweglichen Struktur 3 und ein Teil einer geeigneten Halterung freiliegen. In diesem Fall werden sowohl das Substrat 1 als auch die obere Schicht 4 als Halterung verwendet.

Fig. 3 Die Lackmaske 5 wird entfernt und eine neue

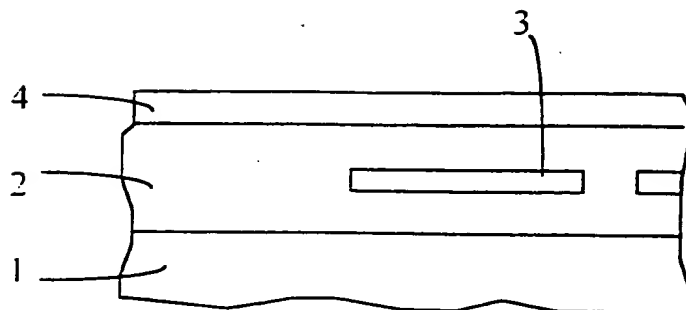
Fotolackschicht 7 aufgebracht, die die Öffnung 6 auffüllt und hier die Hilfsstruktur 7a bildet. Die Fotolackschicht 7 dient gleichzeitig als Maske für die Freizätzung der beweglichen Struktur 3.

Fig. 4 Für die Freizätzung muß in diesem Beispiel zunächst die obere Schicht 4 geätzt werden, anschließend wird die Zwischenschicht 2 um die bewegliche Struktur 3 herum mittels eines üblichen isotropen Ätzprozesses vollständig entfernt. Die bewegliche Struktur 3 ist nun über die Hilfsstruktur 7a mit der Halterung, hier also dem Substrat 1 und der oberen Schicht 4, verbunden. Die obere Schicht 4 ist außerhalb der Zeichenebene bspw. über nichtentfernte Teile der Zwischenschicht 2 fest mit dem Substrat verbunden. Anschließend wird die Fotolackschicht 7 einschließlich der Hilfsstruktur 7a mit Hilfe eines  $O_2$ -Plasmas oder Ozon entfernt, so daß die bewegliche Struktur vollständig freigelegt wird.

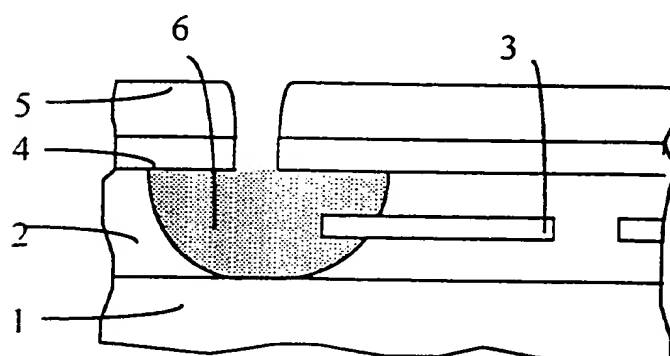
#### Patentansprüche

1. Herstellverfahren für ein mikromechanisches Bauteil mit einer beweglichen Struktur auf einem Halbleitersubstrat,
  - bei dem die bewegliche Struktur (3), eine Zwischenschicht (2) und eine als Halterung (1, 4) dienende Schicht oder Struktur derart erzeugt werden, daß die bewegliche Struktur (3) in die Zwischenschicht (2) eingebettet ist und von der Halterung (1, 4) durch einen Teil der Zwischenschicht getrennt ist,
  - bei dem eine Öffnung (6) in der Zwischenschicht (2) erzeugt wird, die die bewegliche Struktur (3) und die Halterung (1, 4) teilweise freilegt,
  - bei dem eine Fotolackschicht aufgebracht wird, so daß in der Öffnung (6) eine Hilfsstruktur (7a) erzeugt wird, die die bewegliche Struktur (3) und die Halterung (1, 4) miteinander verbindet,
  - bei dem die Fotolackschicht zu einer Maske strukturiert wird, die eine Öffnung zum Freilegen der beweglichen Struktur besitzt,
  - bei dem in einem naßchemischen Ätzprozeß durch diese Öffnung hindurch die Zwischenschicht (2) in der Umgebung der beweglichen Struktur (3) entfernt wird, und
  - bei dem danach die Hilfsstruktur (7a) mit Hilfe eines Trockenätzprozesses entfernt wird.
2. Herstellverfahren nach Anspruch 1, bei dem als Halterung das Halbleitersubstrat (1) und/oder eine feste Struktur (4) des mikromechanischen Bauteils verwendet wird.

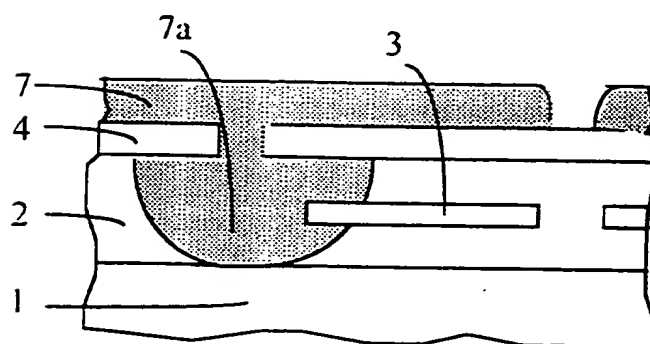
Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen



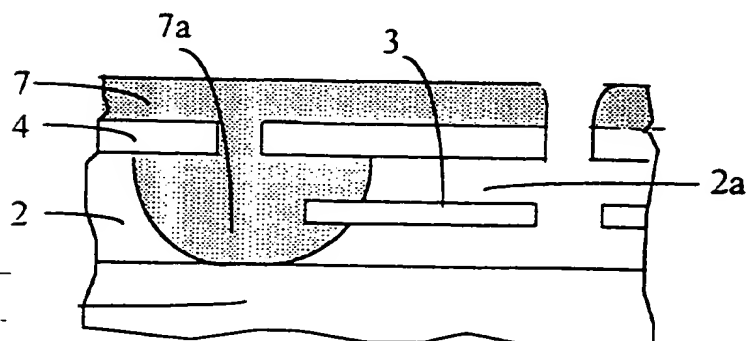
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**

Docket # 6R 98 P 1307

Applic. # 09/623,924

Applicant: Werner

Lerner and Greenberg, P.A.

Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101